

PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENGELASAN PADA PENYAMBUNGAN PELAT BAJA SA 36 MENGGUNAKAN ELEKTRODA E6013 DAN E7016 TERHADAP KEKERASAN, STRUKTUR MIKRO DAN KEKUATAN TARIKNYA

Ir Naryono¹, Farid Rakhman²

Lecture¹, College student², Departement of machine, Faculty of Engineering, University Muhammadiyah Jakarta, Jalan Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat 10510, Tlp 021-4244016, 4256024, email : naryono@yahoo.com

ABSTRAK

Pengaruh pengelasan terhadap kekerasan, struktur mikro dan kekuatan tarik las. Penelitian ini menggunakan bahan baja karbon rendah yang mengandung kadar C = 0,17 %. Material SA 36 diberikan proses pengelasan yang kecepatan rata-ratanya untuk E6013 adalah 2 menit 06 detik dan kecepatan rata-rata untuk E7016 adalah 3 menit 06 detik. Kedua elektroda tersebut menggunakan metode las SMAW (Shield Metal Arc Welding). Benda uji dilakukan penelitian terhadap kekerasan, struktur mikro, dan kekuatan tariknya. Dari hasil penelitian tersebut pengaruh dari kecepatan dan heat input sangat mempengaruhi nilai dari kekerasan, struktur mikro dan uji tariknya. Semakin rendah heat input yang diterima, makin tinggi nilai kekerasan dan kekuatan tariknya. Begitu pula sebaliknya, makin besar heat input yang diterima, maka makin rendah nilai kekerasan dan kekuatan tariknya.

Kata kunci : SMAW, uji tarik, E6013 dan E7016, kekerasan.

1. PENDAHULUAN

Pada kenyataan aplikasi dilapangan struktur atau konstruksi yang terbentuk dari baja sering kali menggunakan proses penyambungan dengan cara pengelasan. Berdasarkan dari DIN (*Deutsche Industrie Normen*) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Hal yang paling memungkinkan dari akibat proses pengelasan adalah timbulnya lonjakan tegangan yang lebih besar jika dibandingkan dengan sambungan pada mur baut atau paku keling. Hal ini disebabkan karena terjadinya perubahan sifat-sifat bahan pada sambungan terutama pada daerah terpengaruh panas atau HAZ (*Heat Affected Zone*), karena daerah tersebut adalah daerah logam yang bersebelahan dengan daerah logam las yang selama proses mengalami siklus thermal pemanasan dan pendinginan cepat. Kemungkinan yang lain adalah penurunan kekuatan mekanis pada sambungan las, yang terjadi akibat terlalu banyak sedikitnya unsur pada kawat pengisi (*filler*) sehingga dapat mengakibatkan timbulnya keretakan.

2. METODA EKSPERIMEN DAN FASILITAS YANG DIGUNAKAN

Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Paling tidak saat ini terdapat sekitar 40 jenis pengelasan. Dari seluruh jenis pengelasan tersebut hanya dua jenis yang paling populer di Indonesia yaitu pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik (*Shielded metal arc welding/ SMAW*) dan las karbit (*Oxy*

acetylene welding/OAW. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan.

2.1 Komposisi Kimia Baja SA 36

Berdasarkan data komposisi kimia baja SA 36 dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Baja SA 36

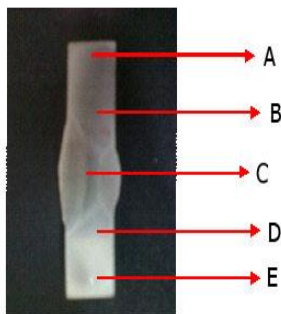
<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>
0,17%	0,20%	0,94%	0,020%	0,011%

2.2 Hasil Uji Kekerasan.

Pengujian kekerasan menghasilkan data nilai kekerasan dari benda uji yang di las dengan menggunakan dua elektroda yang berbeda kelasnya, yaitu E6013 dan E7016 sebagai berikut :

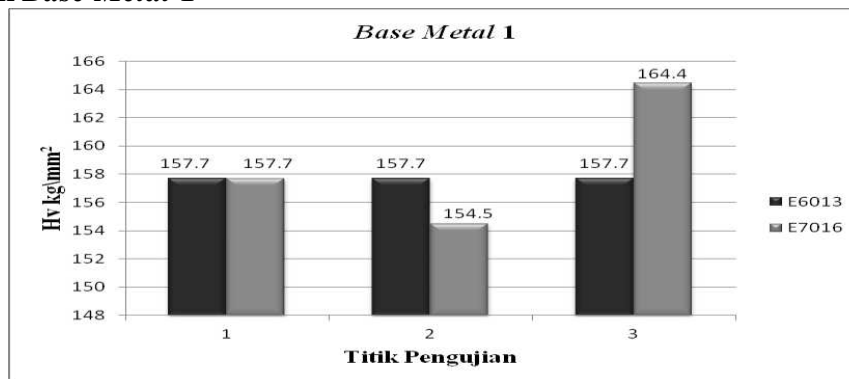
Tabel 2.2 Hasil Uji Kekerasan *Vickers* (HV) Dalam Satuan kg/mm²

Posisi	Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> (HVn)		Rata-rata		Keterangan
	E6013	E7016	E7016	E6013	
<i>Base Metal 1</i>	157,7	157,7	158,9	157,7	Mikro <i>Vickers</i> Beban 200 gf Indentor Intan
	157,7	154,5			
	157,7	164,4			
Antara <i>Base Metal 1</i> dan Lasan	148,4	171,5	164,8	152,7	
	145,4	171,5			
	164,4	151,4			
Daerah Lasan	187,3	179,1	183,3	185,9	
	183,2	191,6			
	187,3	179,1			
Antara <i>Base Metal 2</i> dan Lasan	164,4	161,0	152,6	163,5	
	154,5	148,4			
	171,5	148,4			
<i>Base Metal 2</i>	154,5	148,4	149,4	155,6	
	157,7	154,5			
	154,5	145,4			



Gambar 2.1 Menunjukkan Titik Pengujian Kekerasan Elektroda E6013 dan E7016.

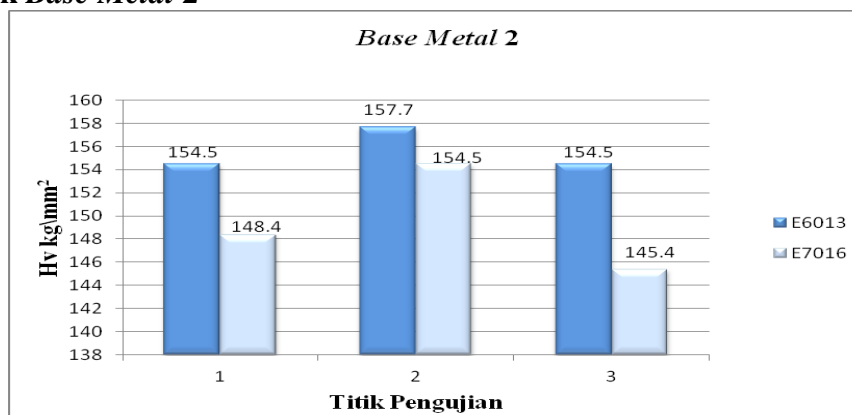
2.2.1 Grafik Base Metal 1



Gambar 2.2. Nilai Kekerasan Pada Daerah *Base Metal* 1 posisi A

1. Nilai tertinggi dari pengujian pada daerah base metal 1 titik A adalah 164,4 kg\mm² pada titik 3 dengan menggunakan elektroda E7016.
2. Dan nilai rata-rata tertinggi dari pengujian pada daerah base metal 1 titik A adalah 158,9 kg\mm² dengan menggunakan elektroda E7016.
3. Terjadi penurunan dan kenaikan hasil nilai kekerasan pada titik 2 dan 3 untuk penggunaan elektroda E7016, hal ini mungkin disebabkan faktor tidak meratanya panas yang diterima pada saat pengelasan dilakukan.

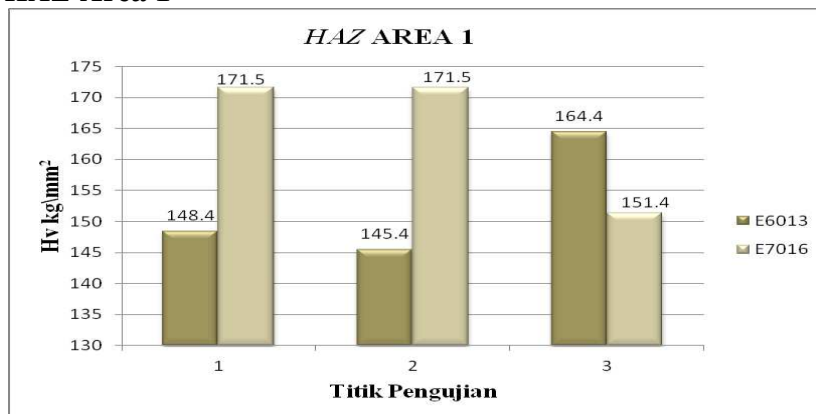
2.2.2 Grafik Base Metal 2



Gambar 2.3 Nilai Kekerasan Pada Daerah *Base Metal* 2 Posisi E

1. Nilai tertinggi dari pengujian pada daerah base metal 2 titik E adalah 157,7 kg\mm² pada titik 2 dengan menggunakan elektroda E6013.
2. Dan nilai rata-rata tertinggi dari pengujian pada daerah base metal 2 titik E adalah 155,6 kg\mm² dengan menggunakan elektroda E6013.
3. Terjadi penurunan dan kenaikan hasil nilai kekerasan pada titik 1, 2 dan 3 pada kedua penggunaan elektroda E6013 dan E7016, hal ini mungkin disebabkan faktor tidak meratanya panas yang diterima pada saat pengelasan dilakukan.

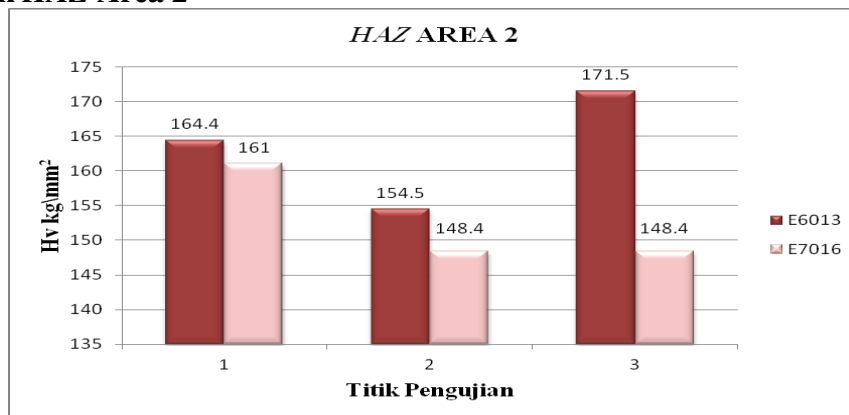
2.2.3 Grafik HAZ Area 1



Gambar 2.4 Nilai Kekerasan Pada Daerah HAZ Area 1 Posisi B

1. Nilai tertinggi dari pengujian pada HAZ area 1 titik B adalah 171,5 kg/mm² pada titik 1 dan 2 dengan menggunakan elektroda E7016.
2. Dan nilai rata-rata tertinggi dari pengujian pada HAZ area 1 titik B adalah 164,8 kg/mm² dengan menggunakan elektroda E7016.
3. Terjadi kenaikan nilai kekerasan yang drastis pada titik 1 dan 2 dengan menggunakan elektroda E7016. Hal ini disebabkan rendahnya heat input yang diterima HAZ area 1 dengan menggunakan elektroda E7016.

2.2.4 Grafik HAZ Area 2



Gambar 2.5 Nilai Kekerasan Pada Daerah HAZ Area 2 Posisi D.

1. Nilai tertinggi dari pengujian pada HAZ area 2 titik D adalah 171,5 kg/mm² pada titik 3 dengan menggunakan elektroda E6013.
2. Dan nilai rata-rata tertinggi dari pengujian pada HAZ area 2 titik D adalah 163,5 kg/mm² dengan menggunakan elektroda E6013.
3. adanya nilai kekerasan yang tinggi pada titik 3 dengan menggunakan elektroda E6013. Hal ini disebabkan rendahnya heat input yang diterima HAZ area 2 dengan menggunakan elektroda E6013.

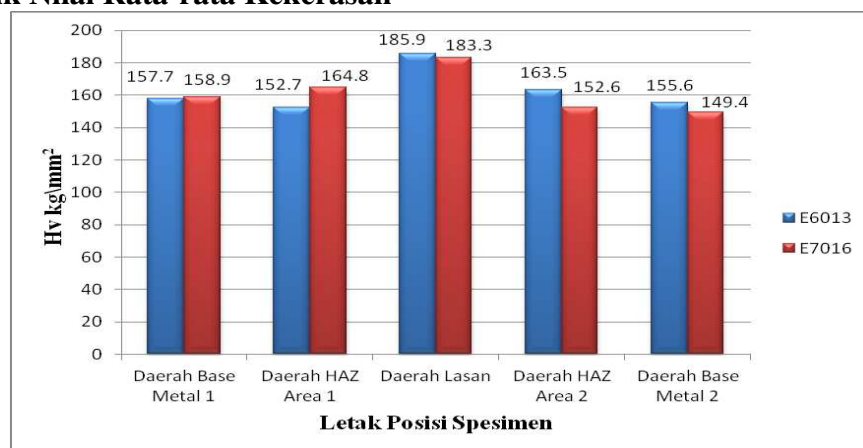
2.2.5 Grafik Daerah Lasan



Gambar 2.6 Nilai Kekerasan Pada Daerah Lasan Posisi C

1. Nilai tertinggi dari pengujian pada daerah lasan titik C adalah 191,6 kg/mm² pada titik 2 dengan menggunakan elektroda E7016.
2. Dan nilai rata-rata tertinggi dari pengujian pada daerah lasan titik C adalah 185,9 kg/mm² dengan menggunakan elektroda E6013.
3. adanya nilai kekerasan yang tinggi pada titik 2 dengan menggunakan elektroda E7016. Hal ini disebabkan rendahnya heat input yang diterima daerah lasan dengan menggunakan elektroda E7016.

2.2.6 Grafik Nilai Rata-rata Kekerasan



Gambar 2.7. Grafik Nilai Rata-rata Kekerasan.

1. Daerah lasan menempati urutan pertama untuk nilai kekerasan, Hal ini terjadi karena bila kecepatan pengelasan bertambah maka masukan panas yang dihasilkan akan berkurang dan bila masukan panasnya kecil maka kekuatan sambungan las akan menjadi besar dan ini sesuai dengan landasan teori pada bab II.
2. Kekerasan yang terjadi pada base metal 1 dan 2 tidak terlalu jauh, hal ini terjadi karena perbedaan komposisi kimia dari kedua elektroda tidak jauh berbeda.

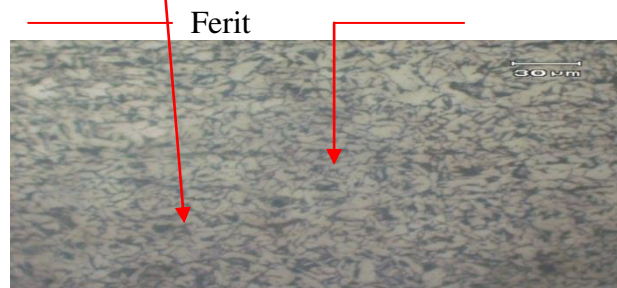
3. Kekerasan yang terjadi pada HAZ area 1 dan 2 tidak terlalu jauh, hal ini terjadi karena masukan panas yang dihasilkan elektroda E6013 dan E7016 tidak jauh berbeda.
4. Nilai kekerasan rata-rata tertinggi dari titik A, B, C, D dan E dihasilkan oleh elektroda E6013 yaitu sebesar $163,08 \text{ kg/mm}^2$.
5. Semakin tinggi nilai kekerasan, semakin rendah heat input yang diterima oleh *base metal*, *HAZ* area, dan daerah lasan. Dan itu yang dihasilkan oleh elektroda E6013, meskipun hasilnya tidak jauh berbeda dengan menggunakan E7016.

2.3 Hasil Uji Struktur Mikro

Pengamatan yang dilakukan pada struktur mikro dilakukan dengan mengambil gambar pada *base metal*, daerah *HAZ*, dan daerah pada lasan dengan menggunakan perbedaan elektroda yaitu E6013 dan E7016. sehingga gambar yang diambil seluruhnya 10 buah. Berikut ini hasil uji foto struktur mikro dari benda uji daerah *base metal* A antara E6013 dan E7016 dengan perbesaran 300x dan etsa nital 2%.

2.3.1 Hasil Metalografi Base Metal A

Perlit



Perlit

(a)



(b)

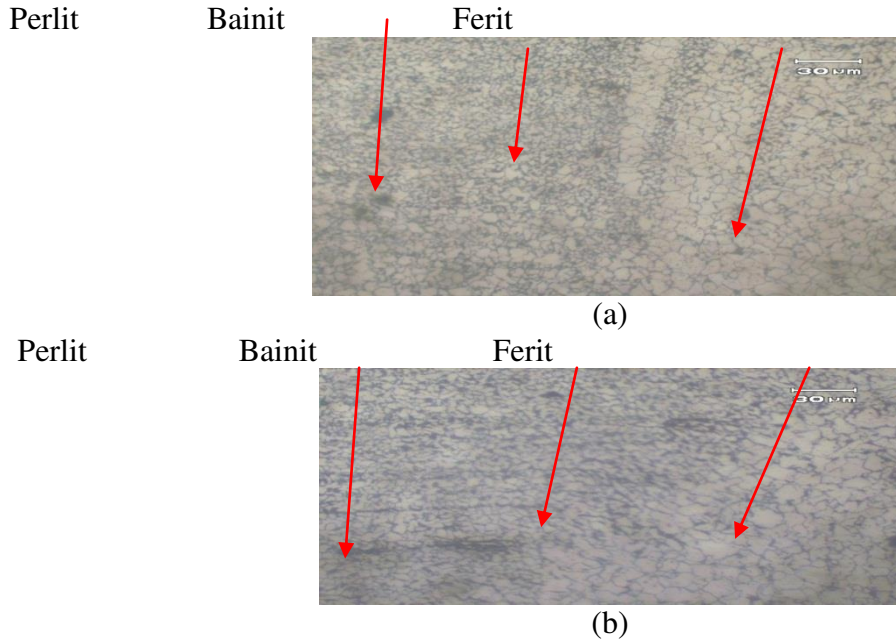
Gambar 2.8 Foto Struktur Mikro *Base Metal* A
(a) E6013 dan (b) E7016

Struktur mikro pada gambar di atas adalah area *base metal* A, struktur mikro pada gambar di dominasi butir-butir ferit yang berwarna putih terang, sedangkan fasa perlit lebih sedikit dan berwarna gelap. Butir ferit cenderung lebih halus sedangkan butir perlit lebih kasar, butir perlit cenderung keras karena mengandung karbon, sedangkan butir ferit cenderung lunak.

Struktur yang terjadi pada sambungan las, sangat ditentukan oleh temperatur pemanasan pada saat pengelasan dan laju pendinginan setelah pengelasan, selain itu juga

tergantung pada komposisi kimia, *base metal*, logam pengisi, cara pengelasan dan perlakuan panas yang dilakukan. Struktur mikro yang terjadi dan laju pendinginan akan menentukan sifat mekanis dari bahan tersebut. Adanya panas dari proses pengelasan mengakibatkan perbedaan struktur mikro antara daerah las, daerah *HAZ* dan base metal.

2.3.2 Hasil Metalografi *HAZ* Area B



Gambar 4.9 Foto Struktur Mikro *HAZ* Area B
(a) E6013 dan (b) E7016

Logam ini merupakan *base metal* yang masih terpengaruh oleh panas dari busur listrik, bila semakin dekat dengan daerah pengelasan maka akan mendapat masukan panas yang tinggi, dan begitu sebaliknya bila semakin jauh akan berkurang. Hal ini dikarenakan kecepatan pendinginan yang tidak merata, sehingga berpengaruh pada struktur mikro yang terjadi. Struktur mikro yang terjadi ferit (terang), perlit (gelap) dimana jika dibandingkan dengan logam induk butirannya lebih halus dan bainit (berupa titik-titik hitam) dengan jumlah yang jauh lebih sedikit dibandingkan pada logam las.

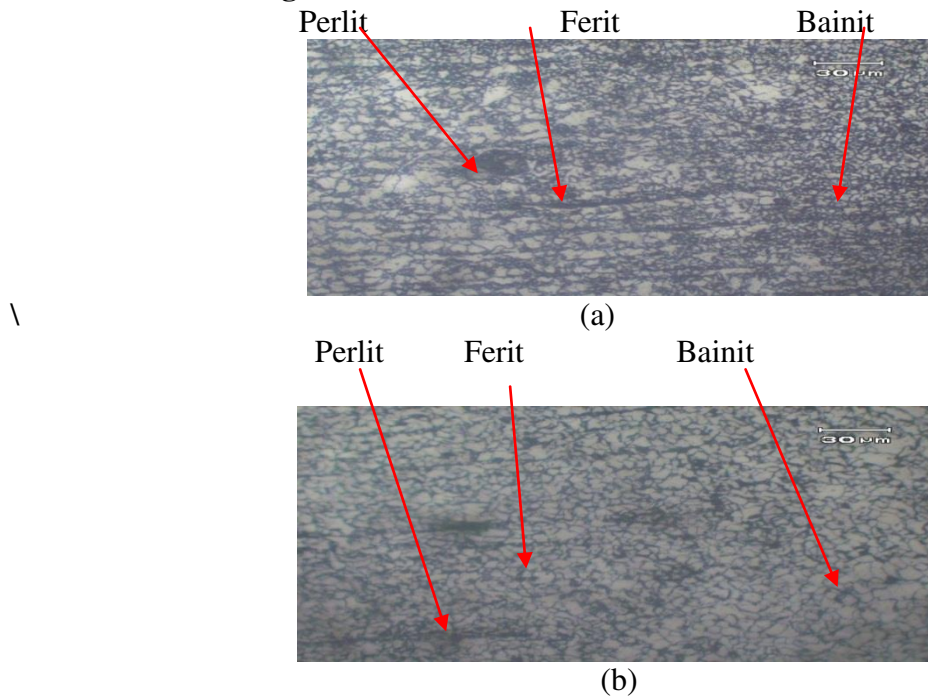
2.3.3 Hasil Metalografi Daerah Lasan C



Gambar 2.10 Foto Struktur Mikro Daerah Lasan C

Struktur mikro pada permukaan las dengan perbedaan elektroda bertipe *axial* dikarenakan apabila kecepatan tinggi maka struktur mikro akan berbentuk seperti tetesan air dan columnarnya berbentuk tegak lurus,. Maka jumlah kandungan martensit dan bainitnya semakin banyak dan bentuk ferit *widmanstatten*nya semakin halus. Dengan banyaknya jumlah kandungan yang martensit dan bainit cenderung keras karena mengandung karbon, maka akan membuat daerah ini memiliki kekerasan yang tinggi. Hal ini terbukti pada uji kekerasan yang telah dilakukan, bahwa daerah logam las memiliki nilai kekerasan tertinggi.

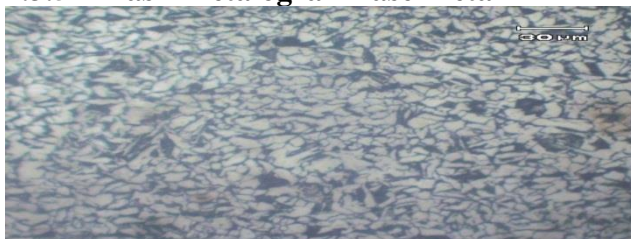
2.3.4 Hasil Metalografi HAZ Area D



Gambar 2.11 Foto Struktur Mikro HAZ Area D
(a) E6013 dan (b) E7016

Sama seperti HAZ area B, HAZ area D juga masih terpengaruh oleh panas dari busur listrik, bila semakin dekat dengan las akan mendapat masukan panas yang tinggi, dan bila semakin jauh akan berkurang. Hal ini dikarenakan kecepatan pendinginan yang tidak merata, sehingga berpengaruh pada struktur mikro yang terjadi. Struktur mikro yang terjadi ferit (terang), perlit (gelap) dimana jika dibandingkan dengan logam induk butirannya lebih halus dan bainit (berupa titik-titik hitam) dengan jumlah yang jauh lebih sedikit dibandingkan pada logam las.

2.3.5 Hasil Metalografi Base Metal E





(b)

Gambar 2.12 Foto Struktur Mikro Daerah *Base Metal* E
(a) E6013 dan (b) E7016

Sama seperti daerah *base metal* A, daerah *base metal* E masih di dominasi oleh ferit yang berbentuk butiran berwarna putih dan cenderung lunak sedangkan perlit yang berbentuk butiran yang berwarna hitam dan cenderung keras karena mengandung karbon.

2.3.6 Kesimpulan Hasil Metalografi

1. Pada daerah *base metal* A dan E untuk elektroda E6013 dan E7016 sama-sama mengandung ferit dan perlit saja, hal ini disebabkan daerah *base metal* A dan E sama-sama tidak menerima *heat input* yang besar atau jauh dari posisi pengelasan.
2. Pada daerah *HAZ* area B dan D untuk elektroda E6013 dan E7016 juga sama-sama mengandung ferit, perlit dan bainit. Bainit terbentuk oleh kandungan ferit dan austenite yang menjadi satu akibat proses pendinginan yang sedang. Sehingga timbul butir-butir kecil yang berwarna hitam yang disebut bainit. Daerah *HAZ* adalah daerah yang paling kritis pada saat pengelasan, karena daerah *HAZ* menerima *heat input* yang besar.
3. Pada daerah pengelasan C untuk elektroda E6013 dan E7016 mengandung martensit, *Widmanstatten* dan bainit. Adanya sebagian besar martensit pada daerah pengelasan C diakibatkan pendinginan cepat yang dialami pada daerah pengelasan dan kecilnya *heat input* yang diterima pada daerah pengelasan C.

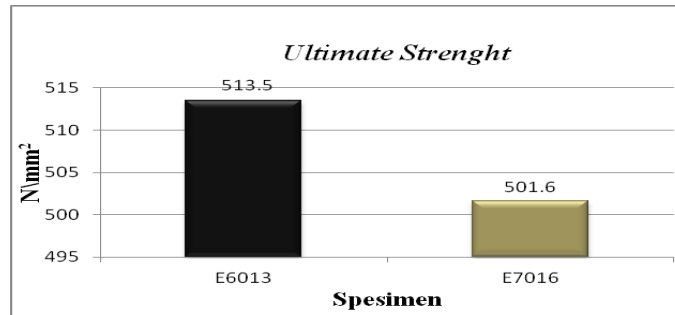
2.4 Hasil Uji Tarik.

Pengujian dengan menggunakan mesin *servopulser* pada skala beban 10 ton dan suhu kamar. Spesimen pengujian terdir dari pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik baja paduan rendah hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E6013 dan E7016 dan kekuatan tarik daerah las baja paduan rendah.

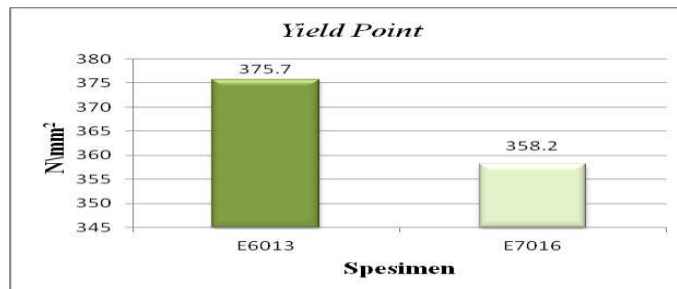
Tabel 2.3 Hasil Pengujian Tarik Untuk Kualitas Kekuatan Tarik Baja Paduan Rendah

Parameter	Spesimen	
	E6013	E7016
σ_u (N/mm ²)	513,5	501,6
σ_y (N/mm ²)	375,7	358,2
e (%)	31,6	25
q (%)	18,77	14,51

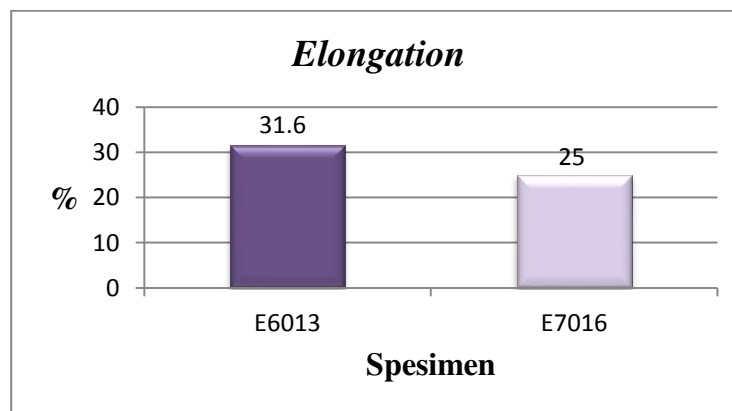
Dalam diagram batang sebagai berikut :



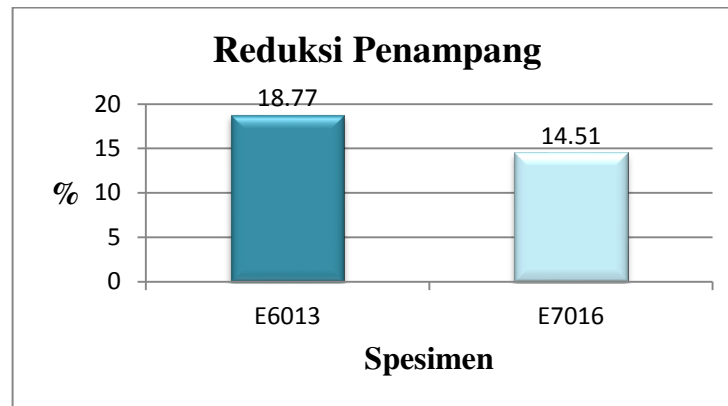
Gambar 2.13 Diagram Kekuatan Tarik Antara Elektroda E6013 Dan E71016



Gambar 2.14 Diagram Batas Luluh Antara Elektroda E6013 Dan E7016



Gambar 2.15 Diagram Perpanjangan Antara Elektroda E6013 Dan E7016

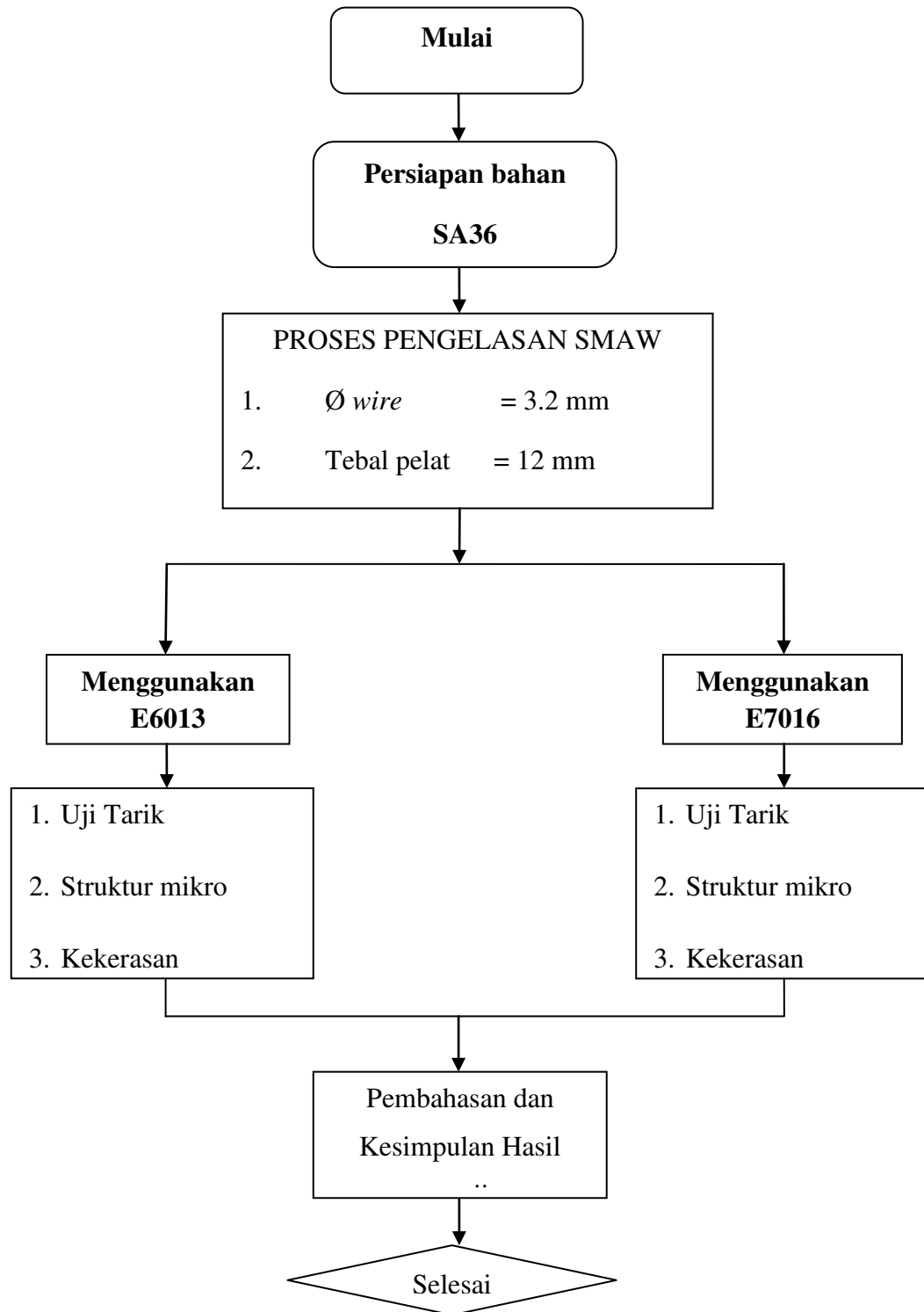


Gambar 2.16 Diagram Reduksi Penampang Antara Elektroda E6013 Dan E7016

1. Nilai kekuatan tarik untuk spesimen E6013 adalah $513,5 \text{ N/mm}^2$, dan nilai kekuatan tarik untuk spesimen E7016 adalah $501,6 \text{ N/mm}^2$. Ini berarti mengalami penurunan sebesar $11,9 \text{ N/mm}^2$ untuk spesimen E7016 terhadap spesimen E6013.
2. Nilai batas luluh untuk spesimen E6013 adalah $375,7 \text{ N/mm}^2$, dan nilai batas luluh untuk spesimen E7016 adalah $358,2 \text{ N/mm}^2$. Ini berarti mengalami penurunan sebesar $17,5 \text{ N/mm}^2$ untuk spesimen E7016 terhadap spesimen E6013.
3. Nilai perpanjangan untuk spesimen E6013 adalah $8,97 \%$, dan nilai perpanjangan untuk spesimen E7016 $5,23 \%$. Ini berarti mengalami penurunan sebesar $3,74 \%$ untuk spesimen E7016 terhadap spesimen E6013.
4. Nilai reduksi penampang untuk E6013 adalah $18,77 \%$, dan nilai reduksi penampang untuk spesimen E7016 adalah $14,51 \%$. Ini berarti mengalami penurunan sebesar $4,26 \%$ untuk spesimen E7016 terhadap spesimen E6013.

Hal ini disebabkan oleh kecepatan las dan masukan panas yang terjadi, seperti yang diketahui dari hasil report pembuatan benda kerja, hasil spesimen E6013 menunjukkan *volt* rata-rata ialah 25 volt dan 110 ampere dengan kecepatan las rata-rata 2 menit 06 detik, sehingga masukan panas yang dihasilkan rata-rata sebesar 1191 Jmm . sedangkan untuk spesimen E7016 menunjukkan *volt* rata-rata ialah 23 volt dan 104 ampere dengan kecepatan las rata-rata 3 menit 06 detik, sehingga masukan panas yang dihasilkan rata-rata 1445 Jmm . ini menunjukkan spesimen E7016 menerima masukan panas lebih besar dibandingkan spesimen E6013, hal ini dikarenakan kecepatan rata-rata spesimen E7016 lebih lama dibandingkan spesimen E6013. Sehingga spesimen E7016 lebih getas dibandingkan spesimen E6013.

3. SKEMA NUMERIK



4.1. KESIMPULAN

1. Kecepatan dan *heat input* yang dihasilkan sangat berpengaruh pada kekerasan, struktur mikro dan uji tarik dari hasil lasan.
2. Hasil uji kekerasan menyatakan bahwa dengan menggunakan elektroda E6013 lebih tinggi nilai kekerasannya karena *heat input* yang diterima lebih kecil dibandingkan menggunakan elektroda E7016, meskipun hasilnya tidak jauh berbeda dikarenakan komposisi kimia dari kedua elektroda tidak begitu jauh.
3. Hasil uji struktur mikro menyatakan bahwa kandungan yang dihasilkan pada *base metal*, *HAZ*, dan daerah lasan antara elektroda E6013 dan E7016 cenderung sama.
4. Hasil uji tarik menyatakan bahwa dengan E6013 lebih tinggi nilai tarik maksimum, batas luluh, perpanjangan dan reduksi penampang dibandingkan menggunakan elektroda E7016. Hal ini disebabkan lebih lamanya waktu kecepatan dan besarnya *heat input* yang diterima dengan menggunakan elektroda E7016 sehingga mempengaruhi sifat bahan menjadi lebih getas.

4.2.SARAN

1. Karena penelitian diatas proses pengelasannya secara manual sehingga kecepatan rata-rata yang dihasilkan oleh kedua elektroda tersebut berbeda disarankan untuk menggunakan robot welding agar kedua elektroda tersebut memiliki nilai rata-rata kecepatan yang sama.
2. Penelitian ini memerlukan variasi pendinginan, seperti menggunakan air, oli dan udara. Agar terlihat perbedaan di struktur mikronya.

REFERENSI

1. An internasional code 2010 asme boiler sect II A dan pressure vessel code
2. Djafri. Sriati..Terjemah dari *Manufacturing Proseses*. 1983.Jakarta. Erlangga.
3. Kobelco Welding Handbook. *Welding Consumables and Processes*. 2008. Japan.
4. Miller electric MFG. 2008, *Guidelines for shielded arc welding* (SMAW). Miller electric.usa.
5. Welding hand book.*welding processes*.1991.America
6. Wiryosumarto, Harsono, Prof, Dr, Ir. Okumura, Toshie, Prof, Dr. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta, Paramita.
7. <http://nadhifosakaeng.blogspot.com/>
8. <http://taryza.wordpress.com/2008/06/30/hello-world/>.
9. <http://www.scribd.com/doc/31678074/SMAW>